

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-101871

(43)Date of publication of application : 07.04.2000

(51)Int.Cl. H04N 5/208

(21)Application number : 10-271190

(71)Applicant : NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>

(22)Date of filing : 25.09.1998

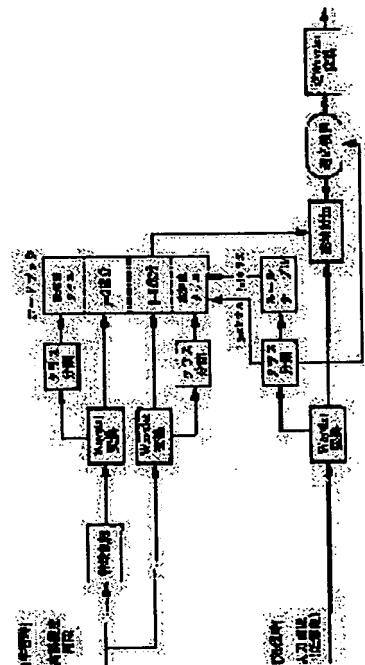
(72)Inventor : ITO YASUMASA
IZUMI YOSHINORI
NAEMURA MASAHIDE
OGAWA KAZUTO
MIZUTANI TADANOBU
FUKUDA ATSUSHI

(54) CONTOUR EMPHASIS PROCESSING CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make an edge part steep by preventing insufficient edge emphasis and occurrence of ringing caused in the vicinity of the edge.

SOLUTION: Class separation relating to an edge structure is applied to edge signals extracted from signals resulting from applying wavelet transformation to a received image signal. A high frequency component signal is added to an edge part depending on a class to which the edge part of the image signal receiving wavelet conversion belongs by referencing a class information table (class rule table) where cross reference between each class and each high frequency component signal to be added to the edge part of the image signal that is wavelet-transformed is decided in advance, and the resulting edge receives inverse wavelet transformation and the result is used for contour emphasis.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-101871

(P2000-101871A)

(43) 公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 4 N 5/208

識別記号

F I

H 0 4 N 5/208

キーワード(参考)

5 C 0 2 1

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願平10-271190

(22) 出願日

平成10年9月25日(1998.9.25)

(71) 出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(72) 発明者 伊藤 泰雅

東京都世田谷区砦1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(72) 発明者 和泉 ▲吉▼則

東京都世田谷区砦1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

(74) 代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外8名)

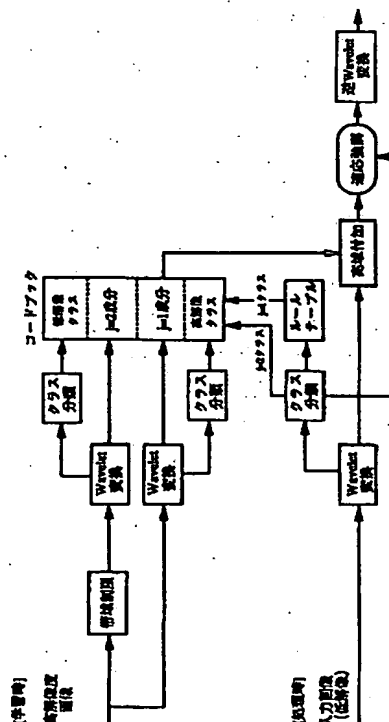
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 輪郭強調処理回路

(57) 【要約】

【課題】 線形フィルタで入力画像信号から作られた補正信号をエッジ部分に付加する従来のエッジ強調処理では、エッジの急峻化が十分でなかったり、エッジ近傍でリングングを生じるなどの問題点があった。

【解決手段】 入力画像信号をウェーブレット変換した信号から抽出されたエッジ信号について、エッジ構造のクラス分けを行い、その各クラスとウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分に付加されるべき高域成分信号との相互の対応関係を予め定めたクラス情報テーブルを参照して、ウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分が属するクラスに応じて付加されるべき高域成分信号を付加し、それを逆ウェーブレット変換して輪郭強調するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換回路、

該ウェーブレット変換回路によってウェーブレット変換した信号から抽出されたエッジ信号について、エッジ構造のクラス分けを行うクラス分類手段、

該クラス分類手段によってクラス分けされた各クラスと、輪郭強調のために前記ウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分に付加されるべき高域成分信号との相互の対応関係が予めクラス情報テーブルとして記憶されているメモリ、

該メモリから読み出したクラス情報テーブルを参照して、前記ウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分が属するクラスに応じて前記付加されるべき高域成分信号を付加する高域成分信号付加回路、および該高域成分信号付加回路の出力信号を逆ウェーブレット変換する逆ウェーブレット変換回路を少なくとも具えていることを特徴とする輪郭強調処理回路。

【請求項2】 請求項1記載の輪郭強調処理回路において、前記クラス情報テーブルは、学習用の高解像度画像を帯域制限して作成した低解像度画像と前記学習用の高解像度画像のそれぞれをウェーブレット変換して得られた信号からエッジ信号を抽出し、それら抽出されたエッジ信号についてエッジ構造のクラス分けを行い、該クラス分けによって得られた低解像度画像と高解像度画像のそれぞれに対応するエッジの前記クラス分けされたエッジ構造、および低域成分と高域成分とからなるエッジ部におけるウェーブレット変換成分がテーブル化されているものであることを特徴とする輪郭強調処理回路。

【請求項3】 請求項1または2記載の輪郭強調処理回路において、前記高域成分信号付加回路で付加される高域成分信号は、前記入力画像信号の種別に基づいて前記クラス情報テーブルから選択された高域成分信号であることを特徴とする輪郭強調処理回路。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1項記載の輪郭強調処理回路において、該輪郭強調処理回路は、さらに、前記高域成分信号付加回路と前記逆ウェーブレット変換回路との間に介挿され、前記入力画像信号のエッジ構造に応じて輪郭強調処理を適応的に切り替えて行う適応強調処理手段を具えていることを特徴とする輪郭強調処理回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像の画質補正を行う装置に係り、特に、画像のエッジ復元を行う回路に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の輪郭補正のためのエッジ強調処理は、主にエッジ部に、入力画像信号から線形フィルタを用いて生成された補正信号を付加する形で行われていた。NHK放送技術研究所編「デジタルテレビ技術」（日本放送出版協会）pp. 262-264に示される従来のエッジ強調処理の動作と回路構成を図10(a)～(d)に示す。ここでは、入力画像信号(a)から作られた補正信号(b)をエッジ部分に付加する(c)ことで、エッジの傾きを急峻にし、強調処理を行っている。これを実現する代表的なエッジ強調回路の例を

(d)に示す。この手法は、高域通過特性を持つフィルタ処理を行って入力画像信号から作成した成分を入力画像信号に加える高域強調処理であり、厳密な意味でのエッジ復元ではない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述したような線形フィルタで入力画像信号から作られた補正信号を用いる従来のエッジ強調処理では、エッジの急峻化が十分でなかったり、エッジ近傍でリングングを生じるなどの問題点があった。

【0004】すなわち、図10(a)～(d)によって示されるような手法のエッジ強調では、入力画像信号から補正信号を作るため、なだらかなエッジを強調することが十分に行えない。また、この手法では、画像全体にわたって同一の強調を行うため、画像中のある部分が鮮明になるような強調を行った結果、他の部分にリングングなどの妨害が生じることがある。

【0005】また、拡大処理が行われた画像では、処理前の画像の持つ最高周波数が、拡大後の解像度が持ち得る最高周波数に対して不足する。つまり、拡大処理が行われた画像にはエッジ強調処理に必要な高域成分が存在しないため、拡大後の解像度における高域成分を強調することができず、従来技術による輪郭補正では不都合が生じる。

【0006】本発明の目的は、入力画像信号から線形フィルタを用いて作られた補正信号をエッジ部分に付加して行う従来のエッジ強調処理におけるように、エッジ強調の不十分さやエッジ近傍に生じるリングングなどの問題を有しない、新規な方法でエッジの急峻化を図る輪郭強調処理回路を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明輪郭強調処理回路は、入力画像信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換回路、該ウェーブレット変換回路によってウェーブレット変換した信号から抽出されたエッジ信号について、エッジ構造のクラス分けを行うクラス分類手段、該クラス分類手段によってクラス分けされた各クラスと、輪郭強調のために前記ウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分に付加されるべき高域成分信号との相互の対応関係が予めクラス情

報テーブルとして記憶されているメモリ、該メモリから読み出したクラス情報テーブルを参照して、前記ウェーブレット変換した画像信号のエッジ部分が属するクラスに応じて前記付加されるべき高域成分信号を付加する高域成分信号付加回路、および該高域成分信号付加回路の出力信号を逆ウェーブレット変換する逆ウェーブレット変換回路を少なくとも具えていることを特徴とするものである。

【0008】また、本発明輪郭強調処理回路は、前記クラス情報テーブルが、学習用の高解像度画像を帯域制限して作成した低解像度画像と前記学習用の高解像度画像のそれぞれをウェーブレット変換して得られた信号からエッジ信号を抽出し、それら抽出されたエッジ信号についてエッジ構造のクラス分けを行い、該クラス分けによって得られた低解像度画像と高解像度画像のそれぞれ対応するエッジの前記クラス分けされたエッジ構造、および低域成分と高域成分とからなるエッジ部におけるウェーブレット変換成分がテーブル化されているものであることを特徴とするものである。

【0009】また、本発明輪郭強調処理回路は、前記高域成分信号付加回路で付加される高域成分信号が、前記入力画像信号の種別に基づいて前記クラス情報テーブルから選択された高域成分信号であることを特徴とするものである。

【0010】また、本発明輪郭強調処理回路は、さらに、前記高域成分信号付加回路と前記逆ウェーブレット変換回路との間に介挿され、前記入力画像信号のエッジ構造に応じて輪郭強調処理を適応的に切り替えて行う適応強調処理手段を具えていることを特徴とするものである。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照し、発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明する。本発明処理回路は、画像信号の輪郭強調により画像の鮮鋭感を向上させるための回路で、回路中の信号処理の仕方という観点からみると、学習用画像から抽出されたエッジの高域成分をテーブル化し、得られたテーブルを用いて画像のエッジ復元を適応的に行うものである。

【0012】このように、本発明による輪郭強調処理回路は、画像のエッジ復元を適応的に行うものであるが、特に、帯域制限などにより緩やかになったエッジに、帯域外の高周波成分を付加することでエッジの急峻化を行う点において、従来の、帯域内の高周波成分を付加する一般的な高域強調処理とは異なっている。なお、本発明による輪郭強調処理回路は、放送局で用いられる画質補正装置や、一般家庭のテレビジョン受像機における画質補正回路に使用するのに適している。

【0013】上記のように、学習用画像から抽出されたエッジの高域成分をテーブル化し、得られたテーブルを用いて画像のエッジ復元を適応的に行うために、本発明

では、まず学習用の高解像度画像を準備し、これを低域通過フィルタに通して低解像度画像を作る。一般に、同じ被写体を高解像度で撮影した場合のエッジ構造と低解像度で撮影した場合のエッジ構造の対応は、画像種別によって異なる。すなわち、画像に含まれるエッジの向きによって低解像度の波形構造は同じでも、高解像度の波形構造が異なる場合がある。このため、実際に処理を適用するためには、処理対象と波形構造的に類似の学習画像を用いる必要があるが、できるだけ多くの画像を用いて多くのエッジ構造変化を学習した上で、画像種別に応じて適用範囲を切り替えるかたちの処理を行うことで一般化することができる。

【0014】ここで、画像種別に応じて適用範囲を切り替えるとは、画像によってエッジ構造に合わせた異なる高域成分付加が必要ということであり、例えば文字画像や電子的に作成した画像、アニメーションなどでは一般にエッジが急峻であり、エッジ前後でステップ的にレベルが推移する。一方で自然画像ではそれほど急峻なエッジは存在しない。また、同一の画像内においても、領域分け（セグメンテーション）されていて、それぞれの領域の種別が、例えば、文字を多く含む領域であるとか、カメラの画像をはめ込んだ領域であるとか、処理前に分かっていたらこれに応じて対応ルールを切り替えることが可能になる。

【0015】画像種別の判定は画像の統計的性質を調べることで、ある程度自動で行うことができるが、様々な性質を含んだ画像の場合は自動判定が難しく、適切な鮮鋭度となる対応ルールを人間が処理対象画像を見て切り替えるのが現実的であり、効果的である。本発明では、画像または領域の種別が予め判定されているという前提のもとで、以後の処理を行うものとする。しかし、画像または領域の種別の判定は本発明の本質的事項ではないので詳しい説明は省略する。

【0016】また、高解像度画像から低解像度画像を作成する低域通過フィルタの特性は、実際に処理対象となる低解像度画像（入力画像）が受けた帯域制限特性に合わせたものである。例えば、このエッジ復元処理をNTSC信号の解像度をハイビジョン信号の解像度に変換する処理として用いる場合には、高解像度画像がハイビジョン画像に、低解像度画像がNTSC画像にそれぞれ対応することとなり、低域通過フィルタの特性としては、NTSC信号の帯域制限特性を模したものをを用いることになる。

【0017】さらに、本発明処理回路における具体的信号処理は、まず、学習用に準備した高解像度画像と、これから作られた低解像度画像とをそれぞれウェーブレット変換して、対応するエッジ部における変換成分のペア（高解像度スケール成分、低解像度スケール成分）を求める。また、それぞれの画像のエッジ部の構造をもとに、学習用画像で複数通りにパターン化してエッジがど

のように劣化したかをクラス分けして、そのクラス情報と対応する変換成分とのペアをテーブル化することにより、それら（クラス情報と変換成分）の対応関係をクラス情報テーブルとしてあらかじめ求めておく。

【0018】ここで、ウェーブレット変換について説明する。ウェーブレット変換とは、映像や音声信号を有限の幅を持つ“ウェーブレット（wavelet；さざなみ）”の重ね合わせにより表現する手法である。信号を無限に続く正弦波の重ね合わせとして表現するフーリエ変換は、信号に急激な変化があった場合などに時間的にどこで変化があったかを知るには不向きであったのに対し、ウェーブレット変換では、周波数と時間の両方の分析が可能である。

【0019】一般に、ウェーブレットとは、基本ウェーブレットと呼ばれる時間的にも周波数的にも限定した範囲だけに存在する関数 $\Phi(t)$ を、時間軸上で a 倍する操作（スケール変換）や時間的に b だけずらす操作（シフト変換）を行ってできる

【数1】

$$\Phi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Phi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$

のような関数の集合のことをいう。この関数によりパラメータ a 、 b に対応する信号の周波数や時間成分を抽出することができ、この操作をウェーブレット変換という。後述するように、基本ウェーブレットの選び方によって容易にエッジを抽出することができる。

【0020】再び、本発明に戻り説明を続ける。入力画像のエッジを上記テーブルに当てはめて、劣化前の鮮鋭

$$W_s(X) = \int \frac{1}{\sqrt{s}} \Phi\left(\frac{x-X}{s}\right) f(x) dx \quad (1)$$

ここに、 Φ はウェーブレット、 s はスケール（強度）、 X は $f(x)$ 上の位置を表す。また、離散ウェーブレット変換では、 $s=2^j$ 、 $X=n(j)$ （ j 、 n ：整数）として解析され、低域成分、 $j=2$ の成分、および $j=1$ の成分は図1に示すように帯域分割されている。

【0023】本発明では、高解像度画像と低解像度画像について、1次元のウェーブレット変換を実現するフィルタを用いて、それぞれ図2に示すようなハードウェア構成で画像の水平、垂直方向にウェーブレット変換を行う。ここで、周波数成分を図1のように分割する場合、図2のそれぞれのフィルタのカットオフ周波数は、HL1、HH1では水平方向標準化周波数/4、VL1、VH1では垂直方向標準化周波数/4、HL2、HH2では水平方向標準化周波数/8、およびVL2、VH2では垂直方向標準化周波数/8である。これにより、それぞれの画像を水平、垂直の周波数成分に分割することができる。図2において、LL成分と書かれているのは水平低域かつ垂直低域成分のことで、また、LH成分と書

なエッジが復元されるように、入力画像のエッジ部に高域成分（高解像度スケール成分）を付加する。さらに、人間の視覚特性では、孤立したエッジ構造に沿って生じるリングングは視認されやすく、一方、複雑な凹凸構造に隣接したエッジのリングングは視認されにくいので、高域強調しようとするエッジの周囲の波形構造によってエッジ強調処理を切り替えるのが効果的であるという着眼のもとに、高域強調しようとするエッジが平坦な波形構造に接しているのか、他のエッジに近接しているのかを調べて、適応的な強調処理を実現した、伊藤、八木他：「ウェーブレット変換を用いた画像強調処理の一検討」、映像情報メディア学会年次大会予稿23-2、P. 280（1997）記載の技術を採用して、適応的に復元処理を行ってもよい。すなわち、上記伊藤、八木他の文献に記載の技術におけるように、個々のエッジに対応するウェーブレット変換成分に、個別にエッジ構造に応じた補正（強調処理）を加えて再構成（逆変換）することにより、適応的な強調処理を行ってもよい。

【0021】ここで、入力画像のエッジの波形構造は同じでも復元すべき高解像度画像のエッジの波形構造が異なる場合があることから、高域成分の付加は、低解像度画像のエッジの波形構造が同じで高解像度画像のエッジの波形構造が異なるグループの中から、復元前後のエッジの構造の対応関係として適用すべき範囲を画像種別により予め定めたルールテーブルを用いて行う。

【0022】本発明で用いるウェーブレット変換は、入力波形を $f(x)$ とする次の（1）式のように定義される。

【数2】

かれているのは水平低域かつ垂直高域成分のことである。

【0024】このようにウェーブレット変換を行うことで、水平エッジ、垂直エッジを水平、垂直それぞれの方向の1次元軸上で解析することができる。水平エッジの場合は、水平方向に変化がなく垂直方向に急峻に変化することから、垂直方向の高域成分すなわちLH成分が水平エッジの高解像度スケール成分（ $j=1$ 成分）に相当し、垂直方向の中域成分すなわちLLH成分が水平エッジの低解像度スケール成分（ $j=2$ 成分）に相当する。

【0025】また、垂直エッジの場合は、垂直方向に変化がなく水平方向に急峻に変化することから水平方向の高域成分すなわちHL成分が垂直エッジの高解像度スケール成分（ $j=1$ 成分）に相当し、水平方向の中域成分すなわちLLH成分が垂直エッジの低解像度スケール成分（ $j=2$ 成分）に相当する。

【0026】同様に、HH成分は斜めエッジの高解像度

スケール成分 ($j=1$ 成分)、LLHH成分は斜めエッジの低解像度スケール成分 ($j=2$ 成分) である。ここでは、1次元の処理を念頭に置き、水平エッジと垂直エッジを対象にこのような成分を用いて水平、垂直それぞれ1次元で以下の処理を行う例を説明する。

【0027】図3は以上説明したウェーブレット変換の例を示し、1次元で表した水平方向のマルチスケール成分を表している。図3において、横軸は画像の水平位置、縦軸は信号レベルをそれぞれ表している。

【0028】高解像度画像、低解像度画像のそれぞれをウェーブレット変換したものは、水平あるいは垂直の1次元で表した図1の分割された帯域特性に、高解像度画像と低解像度画像それぞれの帯域特性を掛け合わせたものとなる。すなわち、高解像度画像は図1において最高周波数まで成分を持ち、低解像度画像は帯域制限されたものとなる。もし、低解像度画像が高解像度画像の半分の帯域である場合には、 $j=1$ の成分は帯域制限により減衰し、低解像度画像は $j=2$ 以下の成分を有することになる。これに対して高解像度画像は、低域成分に加え $j=1$ 、 $j=2$ の成分を有している。

【0029】以上において、基本ウェーブレットとしては、図4に示すようなラプラシアン型 (2次微分型) のものを用いている。係数は $(-0.25, 0.5, -0.25)$ である。これを用いたウェーブレット変換は、画像を2次微分することと等価であり、変換成分からエッジの零交差点を容易に検出することができる。

【0030】また、本発明では、高解像度画像と低解像度画像間のウェーブレット変換成分の対応関係を用いて、エッジ構造のクラス分けや強調処理を行う。以下に、これにつき説明する。図5 (a) および (b) は、エッジ構造のクラス分けの例を示している。図5 (a) および (b) において、高域強調しようとするエッジは、傾斜が正 (Up) か負 (Down) かの2タイプがある。エッジ構造のクラス分けは高域強調しようとするエッジと、その左右に隣接する波形構造の組合せにより行う。ここで、その左右に隣接する構造は、傾斜が正/負のタイプに加えて平坦な構造 (Flat) の場合があり得る。これらの波形構造のパターンとUp, Downの場合のエッジ強度を量子化してクラスを構成する。エッジ強度は後述するように、エッジの零交差を挟んで隣接する画素の輝度レベル差の絶対値を用いる。

【0031】図5 (a) に示すように、高域強調しようとするエッジの傾きが正 (Up) で、その量子化された強度が2であったとし、左右が平坦な構造である場合、このエッジのクラスを $F-U2-F$ (F : Flat, U : Up, D : Down) といった形で表現する。

【0032】このようなクラス表現を用いることで、エッジ構造の変化を表すことができる。例えば、低解像度画像の図5 (a) のようなエッジ構造を、高解像度な図6 (a) のようなエッジ構造に変形したい場合、すなわ

ち、高域強調しようとするエッジの強度を1レベル大きくする場合のエッジクラスの対応は次の (2) 式 $(F-U2-F) \rightarrow (F-U3-F)$ (2) として表すことができる。

【0033】また、図5 (b) のようなエッジ構造を図6 (b) のようなエッジ構造に変形させる場合には、 $F-U2-D1$ のクラスのエッジ構造を $F-U4-D2$ のクラスのエッジ構造に変化させるといった形で扱うことができる。このように、クラス間の対応を設定することで、エッジ復元におけるエッジ構造の変形をクラス情報を用いて記述することができる。

【0034】各エッジの強度を Q レベルに量子化した場合、エッジ構造のパターン数は次の (3) 式 $2Q(2Q+1)^2$ (3)

で表される。 $Q=1$ で18通り、 $Q=2$ で100通り、 $Q=3$ で294通りである。エッジ強度は、エッジの零交差点 (図5 (a), (b) に示すウェーブレット変換成分参照) を挟んで隣接する画素の、輝度レベル差の絶対値を量子化して用いる。例えば量子化のステップを10と設定すれば、差の絶対値が30である場合のエッジの強度は $30/10=3$ となる。

【0035】零交差点は、図5 (a) および (b) に示すように、ウェーブレット変換成分がゼロをはさんで値をとる位置として検出できる。隣接する構造が平坦かエッジかの判定は、隣接するエッジの零交差点までの距離が設定された閾値より大きいか小さいかによって判定する。ここで、閾値としては、画像の種類や、エッジ構造をどのように変形させたいかによって異なるが、だいたい5画素前後である。画面の左右端ではクラス分けができないが、仮想的に左右端の外に平坦な構造があるとして扱う。

【0036】図7 (a), (b) および (c) は、学習画像を用いたコードブック (クラス情報テーブル) の作成の要領を示している。ここでは、上記のようなクラス分け処理を、低解像度画像と高解像度画像に対してそれぞれ行い、図7 (a), (b) および (c) に示すように、それぞれの画像のエッジ幅 ($x1 \sim x2$) における低解像度画像と高解像度画像間でのクラスの変化とともに、低解像度画像の $j=2$ の成分 (図7 (a) の $j=2$ 成分として太線で示す) と、高解像度画像の $j=1$ の成分 (図7 (b) の $j=1$ 成分として太線で示す) を図7 (c) に示すコードブックに登録する。

【0037】一般に、高解像度画像の方がエッジ強度が大きくなり得るので、例えば、前述の $Q=3$ で294通りの高解像度画像でのエッジ構造が存在する場合でも、対応する低解像度画像のエッジ構造はそれより少なくなる。従って、登録されたコードブックの中には、低解像度画像のエッジ構造が同じで、高解像度画像のエッジ構造が異なるクラス対応が複数存在し得ることとなる。

【0038】ここで、エッジ幅 ($x1 \sim x2$) は、次の

ように定義している。j = 2 の成分は、零交差点から遠ざかるにつれて一度ピーク値をとるが、その後、0 に近づく。この0 に近づく際の成分が、予め定めた閾値以上である区間として、エッジ幅 (x 1 ~ x 2) を低解像度画像側の j = 2 成分に基づき定義する。

【0039】このようにして作成したコードブックに基づく高域成分付加は以下のようにして行う。すなわち、伝送路などを通過することにより高域成分が劣化した（または拡大処理により高域成分が不足した）低解像度の入力画像信号をウェーブレット変換し、上記高解像度の入力画像の場合と同様、検出された各エッジ構造のクラス分けを行なう。そしてコードブック中で、低解像度のクラスが同じで、高解像度のクラスが後述するルールテーブルで与えられた範囲のものであるコードの中から、j = 2 の成分（低解像度成分）で比較した誤差が最小となるコードを選択し、その際の高解像度のコード（j = 1）の成分を該当のエッジに付加する。

【0040】ここで、ルールテーブルについて説明する。低解像度画像が与えられたときに、その画像種別に基づき、その中のエッジをどのように変化させるべきであるのかを、前述したエッジのクラス対応関係の範囲内で予め限定して定義しておく。この対応関係の限定範囲を定義した表をルールテーブルと呼ぶ。低解像度のクラスが同じでも高解像度のクラスが異なるというケースが存在するのは、高解像度のときからもともと緩やかなエッジであった場合と、高解像度においては急峻であったエッジ構造が、帯域制限によって緩やかになった場合があるからである。ルールテーブルは、そのような複数のケースの中から取り得るケースを限定するためにある。

【0041】上述の低解像度画像が与えられたときに、その画像種別に基づき、その中のエッジをどのように変化させるかは、帯域制限のされ方も考慮するが、基本的には画像の種類に応じて、人間が視覚的に鮮鋭と感じるエッジ構造に変形させるように予めルールテーブルを作成しておく。例えば、文字画像はステップ状の波形構造をもっているため、ステップ状の急峻な構造へ変化させるのが妥当であるし、自然画像であれば、それほど急峻な構造はない筈であるからエッジ強調によりエッジ強度が飽和しないようにルールを設定する。ここで、文字画像か自然画像かの判別は、対象画像の統計的性質を調べれば、ある程度は自動化が可能であるが、基本的には人間が処理対象画像を見て判定する。

【0042】上記において、付加すべき高域成分信号を含むコードを選択する際の j = 2 成分で比較した誤差評価は、エッジ幅 (x 1 ~ x 2) にわたって次の (4) 式の値が最小となるものを探す。

【数3】

$$\sqrt{\sum_{x=1}^{x_2} (W_{s2}(x) - W_{i2}(x))^2} \quad (4)$$

ここで、 $W_{s2}(x)$ はコードブックの中の j = 2 成分、 $W_{i2}(x)$ は入力画像のエッジの j = 2 成分である。

【0043】最小となるものが複数ある場合には、これらの j = 1 成分の算術平均を計算して用いる。すなわち、最小となるものが N 個あるとし、N 個についてのコードブック中の j = 1 成分を $W_{s1,n}(x)$ と表し、これらの平均として計算される $W_N(x)$ は次の (5) 式の通りである。

【数4】

$$W_N(x) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N W_{s1,n}(x) \quad (5)$$

この j = 1 成分の算術平均を高解像度成分信号として付加する。

【0044】図8は、本発明輪郭強調処理回路の第1の実施形態を示している。同図を参照することにより、本発明処理回路が以下の動作となっていることが理解されよう。すなわち、学習時には、学習用画像として高解像度画像と、これを低域通過フィルタに通して作成した低解像度画像をそれぞれウェーブレット変換し、エッジ部における高解像度スケール (j = 1) 成分と低解像度スケール (j = 2) 成分の対応関係を求める。これと同時に、エッジ部の波形構造を解析してクラス分け処理を行う。このウェーブレット変換成分とクラスの対応関係をコードブックとして蓄積する。一方、画像種別に応じた高解像度画像と低解像度画像間のクラスの対応関係をルールテーブルとして定義しておく。

【0045】処理時においては、入力画像をウェーブレット変換した後、クラス分け処理を行う。そして個々のエッジごとに、ルールテーブルで対応付けられたクラスの中から、付加すべき高解像度スケール成分を選択し、入力画像のエッジに付加（高域付加）するという信号処理を行う。

【0046】なお、図8中に示される適応強調とは、前述した伊藤、八木他の文献に記載されているように、検出された各エッジごとに周囲の構造に応じて強調の係数を変えたり、処理方法を変えたりする処理である。この適応強調処理後、逆ウェーブレット変換してエッジが適応的に高域強調された画像を再構成する。

【0047】図9は、本発明輪郭強調処理回路の第2の実施形態を示している。本実施形態は、本発明を拡大処理に適用した場合であるが、1点鎖線で囲んで示す拡大処理に関する部分以外の、いわゆる基本部分は第1の実施形態と同一である。

【0048】本実施形態においては、まず、学習時には、高解像度画像を帯域制限（これは、本発明の基本部分に含まれる）し、拡大後のサイズをもとの高解像

度画像と合わせるために拡大率の逆数でいったん縮小（サンプリング点の間引きあるいはフィルタ処理による縮小による）したものを低解像度画像として扱い、これを内挿拡大する。このようにして作成した低解像度画像と高解像度画像をそれぞれウェーブレット変換し、エッジ部における高解像度スケール（ $j=1$ ）成分と低解像度スケール（ $j=2$ ）成分の対応関係を求める。これと同時に、エッジ部の波形構造を解析してクラス分け処理を行う。このウェーブレット変換成分とクラスの対応関係をコードブックとして蓄積する。一方、画像種別に応じた高解像度画像と低解像度画像間の対応関係をルールテーブルとして定義しておく。本実施形態では、拡大率が異なる場合には、拡大率に応じてコードブックを作る必要がある。

【0049】また、処理時においては、入力画像に対し、学習時の内挿フィルタと同じ特性のフィルタによる拡大処理を行ってから第1の実施形態における同様の処理を適用する。すなわち、拡大処理後、ウェーブレット変換してクラス分け処理を行い、そして個々のエッジごとに、ルールテーブルで対応付けられたクラスの中から、付加すべき高解像度スケール成分を選択し、入力画像のエッジに付加（高域付加）する。上記以外の信号処理については、第1の実施形態と同じであるので、ここでは、その説明を省略する。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、あらかじめ学習用画像を用いて得た高周波成分を、画像のエッジ部に付加して強調処理を行うため、リンクなどの視覚的妨害が生じにくく、十分なエッジの復元が可能である。特に、拡大処理が行われた画像においては、高周波成分が不足する場合の強調処理として有効である。また、エッジ構造をクラス分けしているため、前述した伊藤、八木他の文

献に記載の、周囲の波形構造に応じた適応的な強調処理も合わせ行うことができるので、柔軟なエッジ強調を実現することができる。さらに、エッジ復元前後の波形構造の変化範囲をルールテーブルにより定義しているので、ルールの定義の仕方でも柔軟なエッジ構造の変形を扱うことができる。

【0051】上記のように、本発明は、1. 強調処理を行っても妨害が生じにくいため、強調処理を効果的に行うことができる、2. 拡大処理などによりボケ感の生じた画像に、適切に高周波成分を付加することで、画像の解像度を上げることができる、などの特徴を有しており、従来の線形処理による画質補正装置よりも高画質なエッジ強調画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】離散ウェーブレット変換における帯域分割の様子を示している。

【図2】ウェーブレット変換を行うためのハードウェア構成例を示している。

【図3】ウェーブレット変換の例を示している。

【図4】ラプラシアン型の基本ウェーブレットを示している。

【図5】エッジ構造のクラス分けの例を示している。

【図6】クラス情報を用いたエッジ構造の変形の記述を示している。

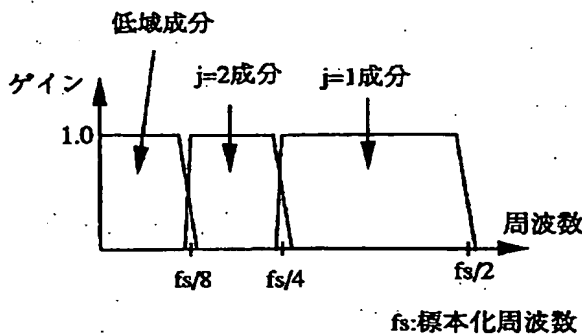
【図7】学習用画像を用いたコードブックの作成の要領を示している。

【図8】本発明輪郭強調処理回路の第1の実施形態を示している。

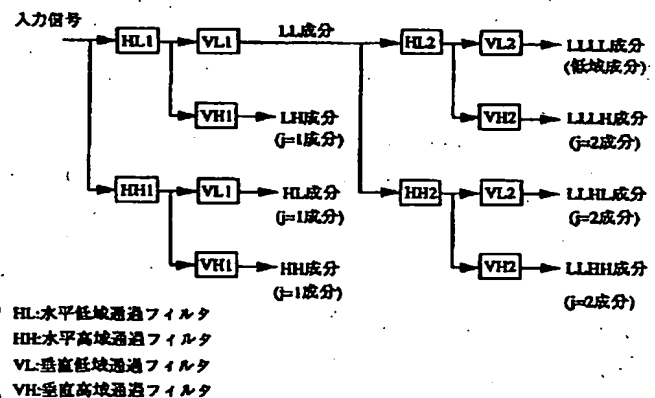
【図9】本発明輪郭強調処理回路の第2の実施形態を示している。

【図10】従来のエッジ強調処理の動作と回路構成を示している。

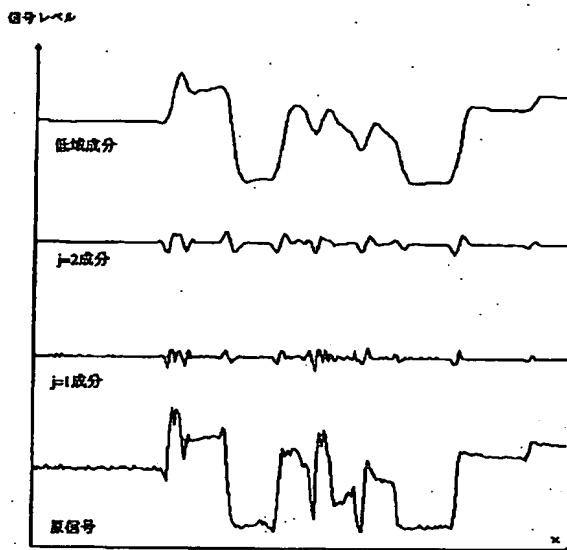
【図1】



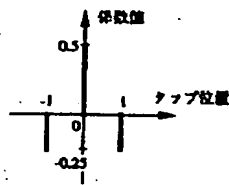
【図2】



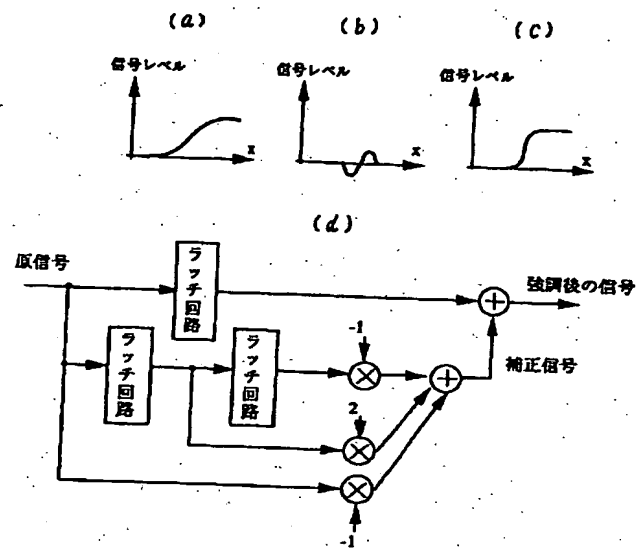
【図3】



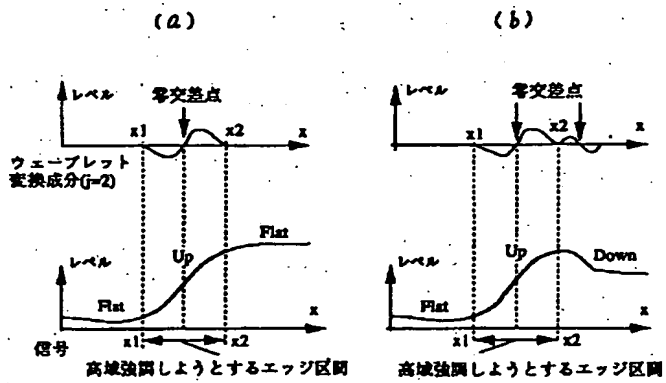
【図4】



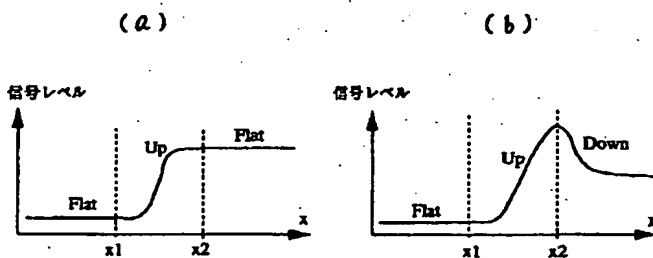
【図10】



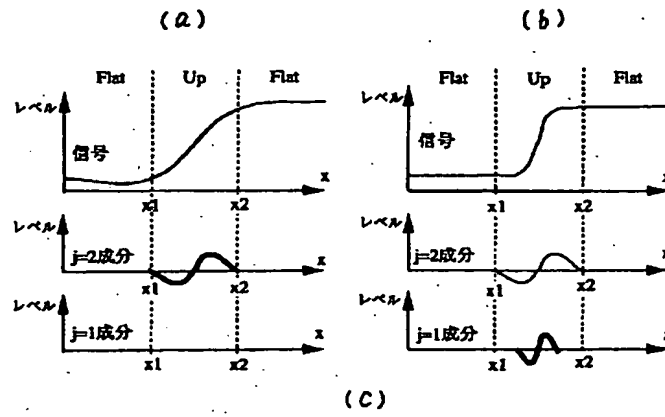
【図5】



【図6】



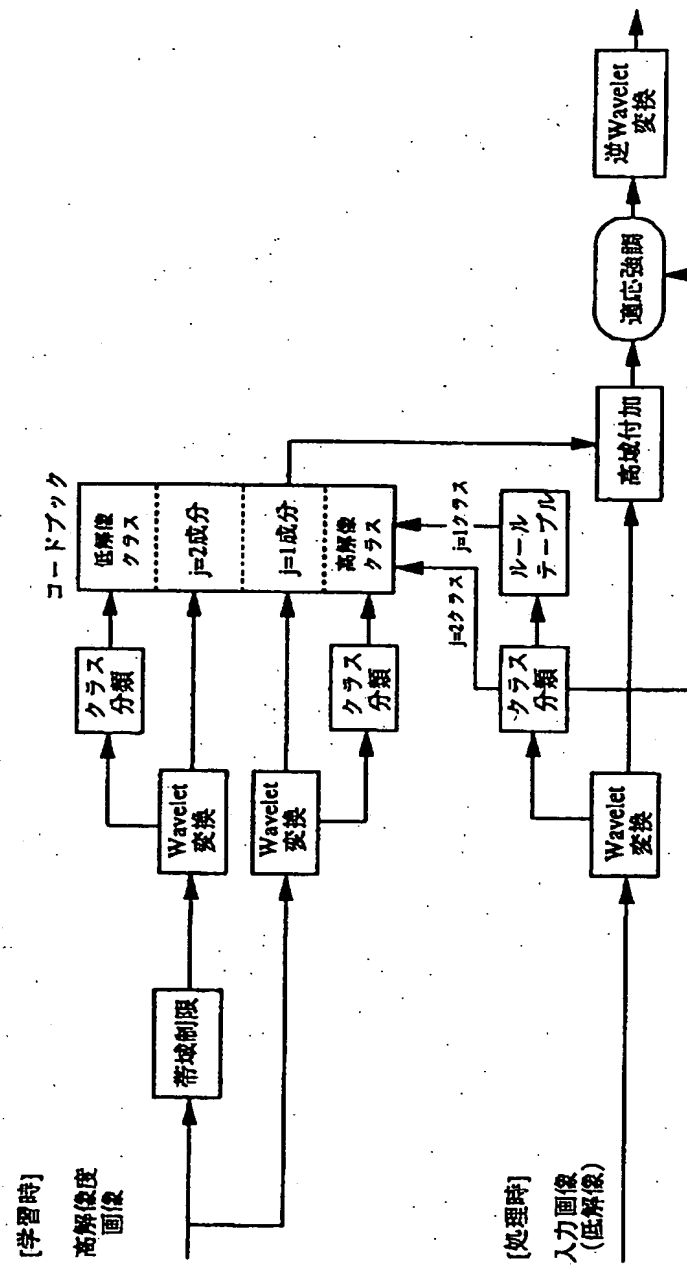
【図7】



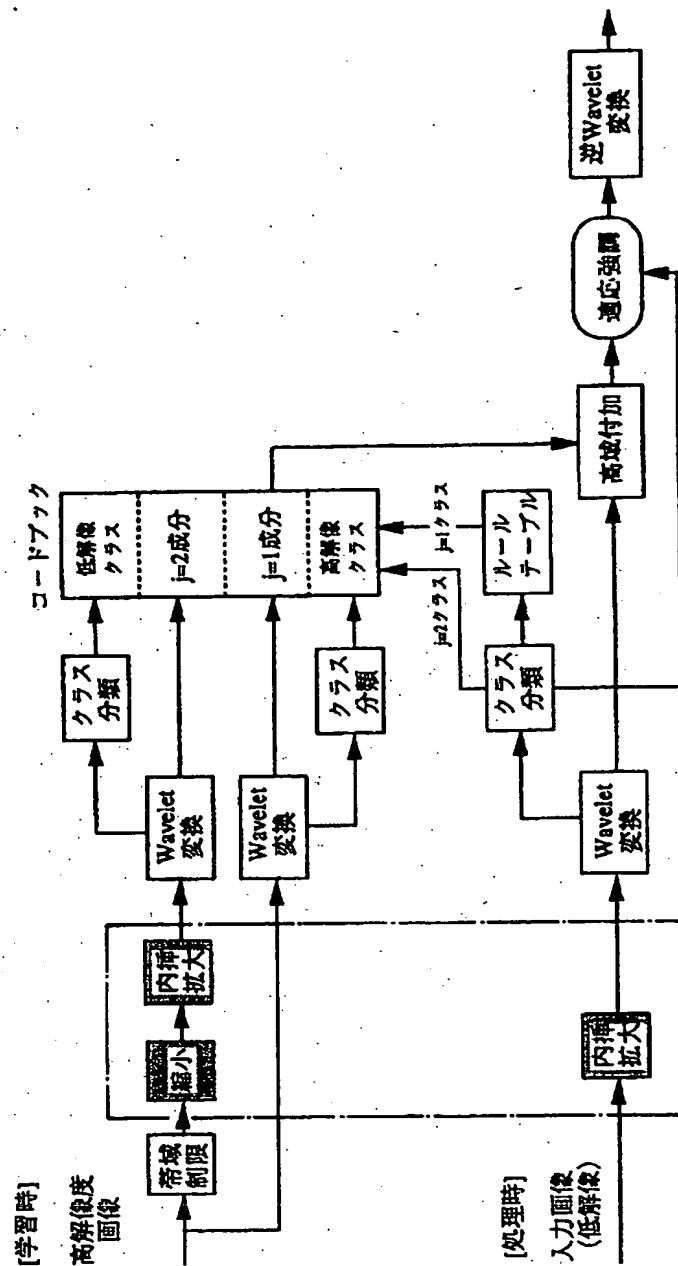
(c)

クラス対応		コード	
低解像度	高解像度	低解像度	高解像度
F-U2-F	← P-U3-F		
⋮	⋮	⋮	⋮

【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 苗村 昌秀
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
- (72)発明者 小川 一人
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

- (72)発明者 水谷 肇伸
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内
- (72)発明者 福田 淳
東京都世田谷区砧1丁目10番11号 日本放送協会 放送技術研究所内

Fターム(参考) 5C021 PA33 PA34 PA35 PA38 PA74
PA75 PA80 RA02 RB05 XB03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.